

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005 年 9 月 1 日 (01.09.2005)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/080925 A1

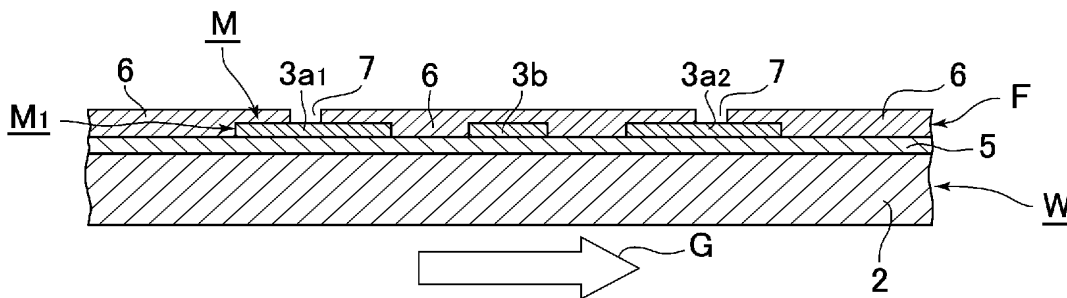
- (51) 国際特許分類: G01F 1/68, 1/00, 15/04, G01L 9/00
(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/000266
(22) 国際出願日: 2005 年 1 月 13 日 (13.01.2005)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願2004-047701 2004 年 2 月 24 日 (24.02.2004) JP
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社フジキン (FUJIKIN INCORPORATED) [JP/JP]; 〒5500012 大阪府大阪市西区立売堀 2 丁目 3 番 2 号 Osaka (JP).
(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 平田 薫 (HIRATA, Kaoru) [JP/JP]; 〒5500012 大阪府大阪市西区立売堀 2 丁目 3 番 2 号 株式会社フジキン内 Osaka (JP). 池田 信一 (IKEDA, Nobukazu) [JP/JP]; 〒5500012 大阪府大阪市西区立売堀 2 丁目 3 番 2 号 株式会社フジキン内 Osaka (JP). 西野 功二 (NISHINO, Kouji) [JP/JP]; 〒5500012 大阪府大阪市西区立売堀 2 丁目 3 番 2 号

- 株式会社フジキン内 Osaka (JP). 土肥 亮介 (DOHI, Ryouusuke) [JP/JP]; 〒5500012 大阪府大阪市西区立売堀 2 丁目 3 番 2 号 株式会社フジキン内 Osaka (JP).
(74) 代理人: 杉本 丈夫 (SUGIMOTO, Takeo); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜 2 丁目 1 番 2 1 号 北浜カタノビル Osaka (JP).
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

[続葉有]

(54) Title: FLUID SENSOR OF ANTICORROSIVE METAL AND FLUID SUPPLY DEVICE USING SAME

(54) 発明の名称: 耐食金属製流体用センサ及びこれを用いた流体供給機器



(57) Abstract: A fluid sensor of an anticorrosive metal comprises a thermal mass flow sensor having an enhanced anticorrosiveness. The measurement accuracy is stable against pressure variation, the response is improved, the sensor is free of particles, variation of product quality is prevented, and pressure measurement is possible. A fluid supply device using this fluid sensor is also disclosed. Specifically, the fluid sensor comprises an anticorrosive metal substrate (2), a mass flow sensor section (1) composed of a thin film forming a temperature sensor (3a) and a heater (3b) provided on the back side opposite to the front side of a fluid-contact body of the anticorrosive metal substrate (2), and a pressure sensor section (4) composed of a thin film forming a strain sensor element (4a) provided on the back side opposite to the front side of the fluid-contact body of the anticorrosive metal substrate (2). This fluid sensor is for measuring the mass flow and pressure of a fluid.

(57) 要約: 本発明は、熱式質量流量センサの耐食性を高めると共に、圧力変動に対する測定精度の安定化、応答性の向上、パーティクルフリー、製品品質のバラツキの防止及び圧力測定等を可能にした耐食金属製流体用センサと、これを用いた流体供給機器を提供するものである。具体的には、本発明の耐食金属製流体用センサは、耐食性金属基板 2 と、当該耐食性金属基板 2 の接流体表面の裏面側に設けた温度センサ 3 a と加熱用ヒータ 3 b とを形成する薄膜から成る質量流量センサ部 1 と、耐食性金属基板 2 の接流体表面の裏面側に設けた歪みセンサ素子 4 a を形成する薄膜から成る圧力センサ部 4 とを備え、流体の質量流量及び圧力を計測するように構成されている。



WO 2005/080925 A1



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

明 細 書

耐食金属製流体用センサ及びこれを用いた流体供給機器

技術分野

- [0001] 本発明は、半導体製造装置のガス供給ライン等における質量流量及び又は圧力の検出に主として用いられるものであり、センサ部の接ガス面を全てステンレス鋼(SUS316L)等の耐食性を有する金属材により形成し、腐食性の強い流体に対しても優れた耐食性を具備すると共に、パーティクルフリー及びリークフリーの達成と検出精度の一層の向上とを可能とした耐食金属製流体用センサと、これを用いた流体供給機器に関するものである。

背景技術

- [0002] 従前から化学分析装置等の技術分野に於いては、流体の質量流量測定用として、キャピラリ型熱式質量流量センサやマイクロマシン技術により製作されたシリコン製超小型熱式質量流量センサが多く利用されている。

ところで、前者のキャピラリ型熱式質量流量センサは、その構造からしてセンサの接ガス面をステンレス鋼で形成することが出来るため、被測定流体に対する耐食性を容易に高めることが出来ると云う特徴を有している。

- [0003] しかし、このキャピラリ型熱式質量流量センサは、キャピラリチューブを加熱するために、加熱ヒータ用抵抗線を巻き付けすることを必要とする。そのため、個々の製品センサ間に特性上のバラツキが生じやすいと云う問題がある。

また、キャピラリチューブやヒータ用抵抗線の熱容量が比較的大きいため、質量流量センサの応答速度が低いと云う問題もある。

- [0004] 一方、近年所謂マイクロマシン技術の発展に伴って、後者のシリコン製超小型熱式質量流量センサの開発並びに利用が拡大して来ており、化学関係分野のみならず、自動車等の機械工業の分野に於いても、広く利用に供されている。何故なら、このシリコン製超小型熱式質量流量センサは、一括処理により製造が可能なことから個々の製品センサ間の特性上のバラツキが少ないだけでなく、小型化によって熱容量が小さくなっていて、センサとしての応答速度が極めて高いという優れた特徴を有して

いるからである。

[0005] しかし、当該シリコン製超小型熱式質量流量センサにも解決すべき多くの問題点が残されており、その中でも特に解決を急がれる問題は、耐食性の点である。即ち、このシリコン製超小型熱式質量流量センサでは、接ガス面の構成材としてシリコンを使用しているため、ハロゲン系等の流体によって容易に腐食されると云う基本的な難点が存在する。

[0006] また、この質量流量センサでは、シール材としてエポキシ樹脂やＯリング等の有機材が用いられているため、パーティクルの放出や外部リークの発生が避けられず、その結果、半導体製造装置のガス供給ライン等へは適用することが出来ないと云う問題がある。

[0007] 更に、この質量流量センサでは、被測定流体の圧力が変動することによって質量流量の検出値が変動したり、或いは、質量流量センサをガス供給ラインへ取り付けする際の機械的な締込力（又は押圧力）によってセンサ自体が歪み、これによって質量流量の検出値にバラツキが生ずると云う問題がある。

[0008] ところで、上記シリコン製超小型熱式質量流量センサの有する問題点を解決するため、これ迄にも様々な技術が開発されている。

例えば、特開2001-141540号や特開2001-141541号等では、図20に示すようにシリコン基板AからなるフレームDの上面に形成した膜Eの最外層に防温層E₆を設け、これによって膜Eの安定性を高めるようにしている。尚、図20に於いて、E₁〜E₃は膜Eを形成する酸化ケイ素層、E₄は窒化ケイ素層、E₅は白金層、Cはリード接続用金具である。

[0009] 上述のように、上記図20に示すシリコン製超小型熱式質量流量センサに於いては、フレームDの下面側に窒化ケイ素層E₄を設けたり、或いは、窒化ケイ素層から成る防温層E₆を設けることにより、膜Eの耐水性や防湿性を高めるようにはしている。しかし、フレームDそのものをシリコン基板Aにより形成しているため、前記腐食等の問題に対して、基本的な解決を与えるには至っていない。

[0010] 特許文献1:特開2001-141540号公報

特許文献2:特開2001-141541号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0011] 本発明は、従前の質量流量センサに於ける上述の如き問題、即ち(1)キャピラリ型熱式質量流量センサでは、製品間の特性上のバラツキが生じ易いうえ、応答速度が低いこと、また、(2)シリコン製超小型熱式質量流量センサでは、耐食性に欠けるうえパーティクルの発生や外部リークの発生が避けられないこと、及び被測定流体の圧力やセンサの取付機構の変化によって質量流量の検出値にバラツキが発生すること、等の問題を解決せんとするものであり、(a)マイクロマシン技術を用いて超小型で均一的な品質の製品を製造することができ、更に、(b)流体圧力の変動による検出値のバラツキを自動的に修正できると共に、(c)耐食性に優れ、(d)高応答速度やパーティクルフリー、(e)外部リークレス、f質量流量と流体圧力の両方の検出を可能にした耐食金属製流体用センサと、これを用いた流体供給機器を提供することを、発明の主たる目的とするものである。

課題を解決するための手段

- [0012] 本願発明者等は、マイクロマシン技術を活用してステンレス鋼等の耐食性金属基板の上に、質量流量センサ部に必要な2個の測温抵抗や加熱用ヒータ、各素子間を連結するリード線及び圧力センサ部に必要な歪センサ素子やリード線等を薄膜体により形成することにより、(a)流体用センサの製品間の品質のバラツキを防止すると共に耐食性や応答性を高めること、更に(b)パーティクルフリーと外部リークレス、(c)流体圧力の検出及び流体圧力の変動による質量流量センサ検出値の変動の自動修正を図ること、(d)圧力センサ部により流体圧力のモニタ可能であることを着想し、当該着想に基づいて質量流量センサ部と圧力センサ部とを備えた流体用センサを試作し、その作動試験を重ねて来た。
- [0013] 本発明は、上記着想と各種の試験結果をベースにして創作されたものであり、請求項1の発明は、耐食性金属基板2と、当該耐食性金属基板2の接流体表面の裏面側に設けた温度センサ3aと加熱用ヒータ3bとを形成する薄膜から成る質量流量センサ部3と、耐食性金属基板2の接流体表面の裏面側に設けた歪みセンサ素子4aを形成する薄膜から成る圧力センサ部4とを備え、流体の質量流量及び圧力を計測する

ように構成したことを特徴とするものである。

- [0014] 請求項2の発明は、請求項1の発明に於いて、耐食性金属基板2を、その接流体表面を外方へ露出させた状態で耐食金属製のセンサベース10の取付溝10a内へ挿着し、耐食金属基板2の外周縁を気密にセンサベース10へ溶接する構成としたものである。
- [0015] 請求項3の発明は、請求項1又は請求項2の発明に於いて、圧力センサ部4の出力により、質量流量センサ部3の圧力に対する出力ドリフトを補正するようにしたものである。
- [0016] 請求項4の発明は、請求項1、請求項2又は請求項3の薄膜Fを、耐食性金属基板2の接流体表面の裏面に形成した絶縁膜5と、その上方に形成した温度センサ3a、加熱用ヒータ3b及び歪みセンサ素子4aを形成する金属膜Mと、絶縁膜5及び金属膜Mを覆う保護膜6とから構成するようにしたものである。
- [0017] 請求項5の発明は、請求項1から請求項4の何れかに記載の耐食金属製流体用センサを流体制御機器に搭載し、流体制御時に流量及び圧力の確認が適宜行えるようにしたものである。
- [0018] 請求項6の発明は、請求項2に記載の耐食金属製流体用センサSのセンサベース10を、流体Gを流入させる流体流入口21aと流体を流出させる流体流出口21c間を連通する流体通路21bを備えたボディ21の前記流体通路21b内に金属ガスケット27を介設して位置せしめ、前記センサベース10を介して金属ガスケット27を押圧することによりボディ21とセンサベース10との間の気密を保持すると共に、前記気密を保持するための金属ガスケット27に対してその真上の部材の剛性を相対的に高くすることにより、当該金属ガスケット27の押圧による質量流量センサ部3及び圧力センサ部4の歪みを抑える構成としたものである。

発明の効果

- [0019] 本発明では、従前のシリコン製超小型熱式質量流量センサの場合と同様に、マイクロマシン技術を活用して流体用センサを製造するため、製品間の品質上のバラツキを極めて小さなものにすることが出来る。また、センサ基板である耐食性金属基板(例えばSUS316L製基板)を薄板に加工すると共に、抵抗線等を薄膜化することにより

、センサ部の熱容量を極く小さなものになっているため、センサとしての応答速度が大幅に速くなる。

[0020] 本発明では、接ガス面を全て耐食性金属で構成すると共に、センサ部とセンサベースとの組立を溶接により行い、更にバルブボディ等への取付けをメタルガスケットシールにより行うようにしているため、コロージョンフリーやパーティクルフリー、外部リークフリーの達成が可能となる。

[0021] 加えて、本発明では、質量流量センサ部と圧力センサ部とを同時に耐食性金属基板上に形成し、圧力センサ部の検出値により、流体圧力の変動による質量流量の変化量(ドリフト量)を調整することが可能のようにしているため、より高精度な質量流量の検出が行なえると共に、必要に応じて圧力検出値を外部へ出力することができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]本発明に依る耐食金属製熱式質量流量センサのセンサ部の平面概要図である。

[図2]図1のA-A断面概要図である。

[図3]本発明に依る耐食金属製熱式質量流量センサの作動原理の説明図である。

[図4]センサ部の製造工程の説明図であり、(a)はステンレス鋼薄板の準備工程、(b)は絶縁膜5の形成工程、(c)はCr/Pt/Cr膜(金属膜M)の形成工程、(d)は保護膜6の形成工程、(e)は電極挿入孔の形成工程、(f)はステンレス鋼薄板の裏面エッチング工程、(g)はセンサ部1の切り離しエッチング工程を夫々示すものである。

[図5]耐食金属製流体用センサの一例を示す断面概要図である。

[図6]本発明に依る流体用センサの質量流量検出のための信号検出用回路のブロック構成図である。

[図7]流体圧力と流体センサ出力/温度センサのブリッジ回路出力との関係を示す線図である。

[図8]本発明に依るセンサ部の諸特性を示す線図であり、(a)は加熱用ヒータ温度と測温抵抗の抵抗値の関係、(b)は加熱用ヒータ電流と測温抵抗の抵抗値の関係、(c)はガス流量とセンサ出力の関係を夫々示すものである。

[図9]圧力センサ部4を用いて圧力変動に対する補償を行なった場合のセンサの流

量特性を示す線図である。

[図10]本発明に係る流体用センサの流量応答特性の一例を示す線図である。

[図11]本発明に係る流体用センサSの流量特性の測定に用いた測定回路のフロー構成図である。

[図12]本発明に係る流体用センサSの供給圧力変動に対する流量特性の測定に用いた測定回路のフロー構成図である。

[図13]図12の測定回路により測定した本発明の流体用センサSの供給圧力変動時の流量特性を示すものである。

[図14]本発明に係る流体用センサの組付図の一例を示す断面図である。

[図15]本発明に係る流体用センサの組付図の他の例を示す断面図である。

[図16]本発明に係る流体用センサの組付図の更に他の例を示す断面図である。

[図17]本発明に係る流体用センサの他の組付例を示す平面図である。

[図18]図17のB-B断面図である。

[図19]図17の側面図である。

[図20]従前のシリコン製超小型熱式質量流量センサの概要を示す断面図である。

符号の説明

- [0023] Sは耐食金属製流体用センサ、Fは薄膜、 M_1 は質量流量センサ部を形成する金属膜、 M_2 は圧力センサ部を形成する金属膜、Wは耐食性金属材料、Gは被測定ガス、1はセンサ部、2は耐食性金属基板、3は質量流量センサ部、3aは温度センサ、 $3a_1$ 、 $3a_2$ は測温抵抗、3bは加熱用ヒータ、4は圧力センサ部、4aは歪みセンサ素子、5は絶縁膜、6は保護膜、6aは質量流量センサ部用保護膜、6bは歪みセンサ部用保護膜、7は電極挿入孔、9a・9bはレジスト、10はセンサベース、10aは取付け溝、11はヒーター駆動回路、12aは圧力オフセット調整回路、12bは質量流量オフセット調整回路、13はオフセット調整回路(微調整用)、14はゲイン調整回路、15a、15bは差動増幅回路、16は質量流量出力端子、17は流体圧力出力端子、 $4a_1$ ・ $4a_2$ は歪みセンサ素子、18は信号処理回路、19は乗算処理回路、20は接手部、21はボディ、22はセンサベース押え、23は配線用基板押え、24は配線用基板、25・26はガイドピン、27は金属ガスケット、28はゴムシート、29はリードピン、30はリード線(金線)

、31はボディ、32は圧力検出器、33はコントロール弁、34は圧電型弁駆動装置、35はオリフィス、36はフィルタ、37は中継基板、38はベアリング、39は取付ねじ穴、40はHeガス源、41は圧力調整器、42は圧力式流量制御装置、43はダイヤフラム真空ポンプ、44は流体用センサSの駆動回路、45はオシロスコープ、46は信号発信器、47は三方切換弁、48はマスフローメータ、 $P_1 \cdot P_2$ は圧力計、49は圧力式流量制御装置の2次側管路(内容積が15cc又は50cc)、50は圧力調整弁、 S_0 は流体用センサSの流量出力、 F_0 は圧力式流量制御装置の流量出力、 M_0 はマスフローメータの流量出力、PTは2次側圧力計の出力、51は流体流入口、52は流体流出口。

発明を実施するための最良の形態

[0024] [耐食金属製流体用センサの実施例1]

以下、図面に基づいて本発明の実施形態を説明する。

図1は、本発明に係る耐食金属製流体用センサの要部であるセンサ部1の平面概要図であり、図2は図1のA-A視断面概要図である。

[0025] 当該センサ部1は、薄い耐食性金属基板2と、基板2の上面に形成した絶縁膜5と、絶縁膜5の上面に形成した質量流量センサ部3及び圧力センサ部4と、質量流量センサ部3及び圧力センサ部4等の上面に形成した保護膜6等とから形成されている。

また、前記質量流量センサ部3は温度センサ3a及び加熱用ヒータ3b等から、前記圧力センサ部4は歪みセンサ素子4a等から夫々形成されている。

更に、絶縁膜5と、温度センサ3aの測温抵抗 $3a_1$ 、 $3a_2$ や加熱用ヒータ3b、導電用リード部分(図示省略)、歪みセンサ素子4a等を形成する金属膜Mと、保護膜6とから、耐食性金属基板2の上面側(接流体表面の裏面側)に薄膜Fが形成されており、前記保護膜6には、適宜の寸法を有する電極挿入孔7がエッチング加工により形成されている。

[0026] ところで、被測定ガスGは、図2及び図3に示すようにセンサ部1の下面側(接流体表面側)を耐食性金属基板2に沿って、図2の矢印方向に流れる。この時耐食性金属基板2には、ガスGの有する熱量の一部が与えられることになり、その結果、耐食性金属基板2の温度分布Ttは、図3に示すように、ガスGの流れていないときの温度分布Toから温度分布Ttのように変化する。

[0027] 上記のように、ガスGが流れることにより生じた耐食性金属基板2の温度分布の変化は、温度センサ3を形成する各測温抵抗 $3a_1$ 、 $3a_2$ の抵抗値の変化を介して測温抵抗 $3a_1$ 、 $3a_2$ の両端の電圧値の変化として現れ、この電圧値の変化を差出力として検出することにより、ガスGの質量流量を検出することが出来る。

尚、上述の如き熱式質量流量センサの動作原理は、公知のシリコン製熱式質量流量センサの場合と同一であるため、ここではその詳細な説明を省略する。

[0028] 同様に、被測定ガスGの圧力は、歪みセンサ素子4aの出力を介して連続的に検出されており、ガスGの圧力変動は歪みセンサ素子4aの出力変動として検出される。

尚、後述するように、質量流量センサ部3の出力は被測定ガスGの圧力に略比例して変動するため、当該圧力センサ部4の検出圧力値を用いて、質量流量センサ部3で検出質量流量の検出値の補正が行なわれる。

[0029] 前記センサ部1を形成する耐食性金属材料Wは、厚さによってセンサ部1の熱容量が変化するため、質量流量センサ部3の応答速度及びセンサ感度に影響を与える。図1及び図2を参照して、本実施形態に於いては、厚さ $150\mu\text{m}$ 以下のステンレス鋼薄板(SUS316L)を使用している。 $150\mu\text{m}$ 以下にすることによってセンサ部1の熱容量が小さくなり、応答速度やセンサ感度を上昇させることが出来るが、十分な応答速度やセンサ感度が得られるのであれば $150\mu\text{m}$ 以上であっても良いことは勿論である。

[0030] 前記絶縁膜5は、後述するように所謂CVD法により形成された厚さ $1.2\mu\text{m}$ 〜 $1.8\mu\text{m}$ の酸化皮膜であって、本実施形態に於いてはCVD(Chemical Vapor Deposition)法により形成した厚さ $1.5\mu\text{m}$ の SiO_2 膜が絶縁膜5として用いられている。

[0031] 前記測温抵抗 $3a_1$ 、 $3a_2$ 及び加熱用ヒータ3bは、前記絶縁膜5上に質量流量センサ部用マスクパターン(図示省略)を用いて形成された金属膜 M_1 から形成されており、本実施形態ではCr/Pt/Cr(厚さ $10/100/10\mu\text{m}$)を蒸着法により順次積層して成る金属膜から、測温抵抗 $3a_1$ 、 $3a_2$ 及び加熱用ヒータ3b等が夫々形成されている。

[0032] 同様に、歪みセンサ素子4aは、前記絶縁膜5上に歪みセンサ部用マスクパターン(図示省略)を用いて形成した金属膜 M_2 から形成されており、本実施形態ではCr/C

r-Ni/Cr(厚さ $10\mu\text{m}/100\mu\text{m}/10\mu\text{m}$)を蒸着法により順次積層して成る金属膜 M_2 から、歪みセンサ素子4a等が形成されている。

[0033] 前記保護膜6は、測温抵抗 $3a_1$ 、 $3a_2$ や加熱用ヒータ3b、歪みセンサ素子4a等の上方を覆う膜体であり、本実施形態ではCVD法により形成した厚さ $0.4\sim 0.7\mu\text{m}$ (質量流量センサ部3及び圧力センサ部4)の SiO_2 皮膜が用いられている。

また、当該保護膜6には、プラズマエッチング法により適宜の形状の電極挿入孔7が設けられており、当該電極挿入孔7を通して電極棒等の引出しが行われている。

[0034] 尚、センサ部1を形成する耐食性金属基板2の裏面側は、厚さ $150\mu\text{m}$ 以下に仕上げられている。

また、センサ部1は、最終的に所謂貫通エッチング加工によって耐食性金属材料Wから切り離され、この切り離されたセンサ部1が、後述するように別途に形成した耐食金属製の流量センサベース10へレーザ溶接等により気密状に固定されることにより、図5に示す如き構造の本発明に依る耐食金属製流体用センサSが構成される。尚、10aはセンサベース10に設けた取付溝である。

[センサ部の加工工程]

[0035] 次に、前記センサ部1を形成する質量流量センサ部3の製作加工工程を説明する。

図4は、本発明で使用するセンサ部1を形成する質量流量センサ部3及び圧力センサ部4の製造工程の説明図である。

[0036] 先ず、耐食性金属材料Wとして適宜の形状寸法、例えば直径 $70\text{mm}\phi\sim 150\text{mm}\phi$ 、厚さ $150\mu\text{m}$ 以下のステンレス鋼薄板(SUS316L)を準備する(図4(a))。尚、耐食性金属材料Wとしては、ステンレス鋼薄板以外の金属薄板(例えばCr-Ni合金から成る不銹鋼板)でも良いことは勿論である。

[0037] 次に、前記準備したステンレス鋼薄板の外裏面に、TEOS(Tetra-Ethoxy-Silane)を用いるプラズマCVD装置(Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition Device)により厚さ約 $1.5\mu\text{m}$ の SiO_2 膜(絶縁膜)5を形成する(図4(b))。

[0038] その後、前記 SiO_2 膜5の上に、電子ビーム加熱型蒸着装置と質量流量センサ部形成用のフォトマスクパターン(図示省略)を用いて、Cr/Pt/Cr膜(厚さ $10/100/10\mu\text{m}$)から成る測温抵抗 $3a_1$ 、 $3a_2$ 及び加熱用ヒータ3b等のパターンを金属膜 M_1

により形成する(図4(c))。

- [0039] また、前記質量流量センサ部3を形成する金属膜 M_1 の形成が終れば、質量流量センサ部形成用のフォトマスクパターンに替えて圧力センサ部形成用のフォトマスクパターン(図示省略)を用い、 SiO_2 膜5上に前記電子ビーム加熱型蒸着装置によりCr/Cr-Ni合金/Cr膜(厚さ10/100/10 μm)から成る歪みセンサ素子4a等のパターンを金属膜 M_2 により形成する(図4(d))。
- [0040] その後、前記図4(c)及び図4(d)の工程で形成した質量流量センサ部3を形成する測温抵抗 $3a_1$ 、 $3a_2$ 及び加熱用ヒータ3b並びに圧力センサ部4を形成する歪みセンサ素子4a等の上に、前記TEOSを用いるプラズマCVD装置により、厚さ約0.5 μm の SiO_2 膜(保護膜)6を形成する(図4(e))。
- [0041] 引き続き、 CF_4 ガスを用いるプラズマエッチング装置により、電極挿入孔の形成用フォトマスクパターン(図示省略)を用いて、前記保護膜6に測温抵抗 $3a_1$ 、 $3a_2$ や加熱用ヒータ3b用の口径200 μm の電極取り出し用の孔(電極挿入孔7)並びに歪みセンサ素子4a用の口径約100 μm の電極取出し用の孔(図示省略)を穿設する(図4(f))。
- [0042] 尚、SUS316L材やCrは CF_4 ガスによるプラズマに対して高い耐性を有しているため、 SiO_2 膜6のエッチングが完了すれば、進行中のエッチングは自動的にストップする。その結果、所謂オーバーエッチングに至る危険性は全く無い。
- [0043] 最後に、レジスト9a、9bを塗布したあと、塩化第2鉄溶液($FeCl_3 \cdot 40wt\%$)でもってエッチング処理することにより円形に貫通させ、センサ部1を材料Wから切り離す。
- [0044] 尚、材料Wから切り離した円形のセンサ部1は、レジスト9a、9bを除去したあと、図5に示すような形状に形成されたセンサベース10の取付溝10a内へ嵌合され、外周縁部をレーザ溶接することによりセンサベース10へ気密状に溶接固定される。これにより、本発明による耐食金属製流体用センサSが構成されることになる。
- [0045] 図6は、前記図5に示した本発明に依る流体用センサSの質量流量検出のための信号検出用回路のブロック構成図であり、当該信号検出用回路は、質量流量センサ部3と圧力センサ部4とから成るセンサ部1、ヒータ駆動回路11、圧力オフセット調整回路12a、質量流量オフセット調整回路12b、オフセット調整回路(微調整用)13、ゲ

イン調整回路14、差動増幅回路15a、15b、質量流量出力端子16、流体圧力出力端子17、信号処理回路18及び乗算処理回路19等から構成されている。尚、図6に於いて、 $3a_1$ 、 $3a_2$ は温度センサ素子、 $4a_1$ 、 $4a_2$ は歪みセンサ素子である。

[0046] 図6を参照して、ヒータ駆動回路11の作動により、質量流量センサ部3の加熱が行われ、被測定ガスGの流通により、質量流量センサ部3の温度センサ素子3aを形成する上流側測温抵抗 $3a_1$ 及び下流側測温抵抗 $3a_2$ の温度変化によって抵抗値が変化すると、その変化が出力電圧の変化として差動増幅回路15bへ入力され、その差動増幅出力が質量流量オフセット調整回路12b、オフセット調整回路13及び乗算処理回路19を介して質量流量出力端子16へ出力される。

[0047] 本発明のセンサ部1を形成する耐食性金属基板2は薄膜化されているため、ガスGが流れることにより、そのガス圧によってセンサ部1が歪み、その結果温度センサ3aの測温抵抗 $3a_1$ 、 $3a_2$ の抵抗値が変化し、これによって温度センサ3aのブリッジ出力が変動することになる。

[0048] 図7は、本発明の流体用センサSに於いて、圧力センサ部4による調整(即ち、図6における圧力オフセット調整回路12aによるゲイン調整、信号処理回路18からの出力によるオフセット調整回路13による調整及びゲイン調整回路14によるゲイン調整)をしない場合の流体圧力と、センサSの質量流量出力(出力端子16の出力mV)の関係を示すものであり、曲線A、B、Cは三個のサンプルについての実測値(測温抵抗 $3a_1$ 、 $3a_2$ への電流値5mAの場合)を示すものである。

[0049] 尚、加熱用ヒータ3bを作動させた場合と加熱用ヒータ3bを作動させない場合の何れに於いても、流体圧力の変動によりセンサSの出力が変動し、また、同じヒータ作動電流であっても、上流側測温抵抗 $3a_1$ と下流側測温抵抗 $3a_2$ の流体圧力Pに対する抵抗値の変化量が、夫々異なることが実験により確認されている。

[0050] 上述の如く、通常の抵抗ブリッジ回路を用いた場合には、センサ部1の出力が歪みの発生によって変化するという問題を生じるが、本発明で用いる信号検出用回路では、圧力センサ部4からの出力により、その歪みセンサ素子 $4a_1$ 、 $4a_2$ 、圧力オフセット調整回路12a及び信号処理回路18等を介して上流側測温抵抗 $3a_1$ 及び下流側測温抵抗 $3a_2$ から出力される電圧値の増幅率及びオフセットを微調整する構成としてい

るため、流体圧力 P の印加により生じた各測温抵抗 $3a_1$ 、 $3a_2$ の出力電圧値の変化が、前記各増幅率及びオフセットの調整によって消去されることになる。

その結果、ガス圧力によるセンサ部1の出力変動を完全に抑えることが可能となり、高精度な質量流量の検出が可能となる。

[0051] 図8は、本発明に依る流体用センサSの特性を示すものであり、図8の(a)は加熱用ヒータ3bの温度と抵抗値の関係、(b)は加熱用ヒータ3bの電流値と抵抗値の関係、(c)はガス流量(SCCM)と検出出力値(V)との関係を夫々示すものである。

[0052] 尚、図8の諸特性の測定に供した温度センサ3aの加熱用ヒータ3bの抵抗値は約2.4k Ω 、測温抵抗 $3a_1$ 、 $3a_2$ の抵抗値は2.0k Ω （両者は同一値）であり、加熱用ヒータ3bに10mAの電流を流すと共に測温抵抗 $3a_1$ 、 $3a_2$ には1.2mAの電流を流した。また、流体圧力は100KPaGの一定値に保持している。

[0053] 更に、ガス流量を0～100SCCMの範囲で変化させた時のセンサ部1の出力値の変化は約1.0Vであった（但し、出力値はOPアンプにより500倍に増幅）。

[0054] 加えて、センサ部1の出力値は、後述する図14に示した流体用センサSの流量センサベース10と流体通路との間隙（流路高さ）に依存するため、前記流路高さを調整することにより、流量測定可能範囲を適宜に切換えすることが出来る。

[0055] 図9は、本発明に於ける圧力センサ部4を作動させ、前記図6に於ける圧力センサ部4による調整を行なった場合の流体流量とセンサ出力の関係を示すものである。図9に於いて、曲線 A_1 は流体圧力100KPaGで圧力センサ部4を作動させない場合（即ち、前記図8の曲線C）を、曲線 A_2 は流体圧力を150KPaGに上昇させた場合を（圧力センサ部4は不作動、他の試験条件は曲線 A_1 の場合と同一）、曲線 A_3 は流体圧力150KPaGで圧力センサ部4を作動させた場合（他の試験条件は曲線 A_1 の場合と同一）を夫々示すものであり、本発明の流体用センサSに於いては、100KPaGから150KPaGに流体圧力が変動しても、圧力センサ部4を作動させることにより、流量－出力特性の変動をほぼ完全に防止できることが確認されている。

[0056] 図10は、本発明に係る流体用センサSの流量応答特性の一例を示すものであり、ガス流量を0～100SCCMに設定した場合の特性を示すものである。

尚、図10に於いて、曲線SAは本発明に係る流体用センサSの流量応答特性であ

り、横軸の1目盛は250msecである。又、曲線SFは、従前の圧力式流量制御装置に於ける質量流量センサの同一条件下での流量応答特性を示すものである。

[0057] 図11は、前記本発明に係る流体用センサSのガス流量(SCCM)と検出出力値(V)の関係(図9)の測定に用いた測定回路のフロー構成図であり、Heガス源40から圧力調整器41を通して圧力式流量制御装置42へHeガスを供給し、ダイヤフラム真空ポンプ43により排気しつつその排気流量を圧力式流量制御装置42により測定する。

[0058] 尚、被測定センサである本発明の流体用センサSは、圧力式流量制御装置42の1次側流路に介挿されている。

また、図11に於いて、44は流体用センサS(流量センサ)の駆動回路、45はオシロスコープ、46は信号発信器であり、流体用センサSの流量出力 S_0 はオシロスコープ45へ入力され、圧力式流量制御装置42による流量測定値 F_0 と対比される。

[0059] 図12は、前記本発明に係る流体用センサSの供給圧力が変動した場合のガス流量の測定回路のフロー構成図である。

図12に於いて、47は三方切換弁、48はマスフローメータ、49は2次側管路(内容積15cc又は50cc)、50は圧力調整弁(He流量20SCCMで P_2 が100Torrとなるように開度を調整)、 $P_1 \cdot P_2$ は圧力計である。

[0060] 測定に際しては、三方切換弁47を開閉することによりマスフローメータ48、流体用センサS(本発明品・被測定センサ)及び圧力式流量制御装置42へ供給するHeガスの圧力を変動させる。

尚、圧力式流量制御装置42の2次側管路49は、その内容積が15cc(又は50cc)に選定されており、真空ポンプ43を全負荷運転中に於いてHeガス流量が20SCCMの時に、圧力 P_2 が100Torrとなるように圧力調整弁50により2次側圧力 P_2 が調整されている。

また、オシロスコープ45へは流体用センサSの検出流量 S_0 とマスフローメータ48の検出流量 M_0 、圧力式流量制御装置42の検出流量 F_0 及び圧力測定値 $P_1 \cdot P_2$ が夫々入力されており、夫々記録されている。

[0061] 図13は、前記図12の測定回路により測定した結果を示すものであり、供給圧力を200KPa・absから150KPa・absへ変化させたときの各検出値 F_0 、 P_2 、 S_0 、 M_0 の変

化の状態を示す。本発明の流体用センサSの流量検出値 S_0 とマスフローメータ48の流量検出値 M_0 とを対比した場合、供給圧力の変動に対して両者の流量検出値 S_0 、 M_0 （流量信号）は夫々追従していることが判る。

[流体供給機器の実施例1]

- [0062] 図14は、本発明の流体用センサSを設けた流体供給機器の一例を示すものであり、流体用センサSをガス流路に設けた接手部20へ組み付けした状態を示すものである。図14に於いて、21は接手部20のボディ、22はセンサベース押え、23は配線用基板押え、24は配設用基板、25はガイドピン、26はガイドピン、27は金属ガスケット、28はゴムシート、29はリードピン、30はリード線（金線）である。

尚、前記ガイドピン25・26は、ボディ22内へ質量流量センサSを取り付けする際の位置決めをするためのものであり、センサベース10とボディ21間は金属ガスケット27により気密が保持されている。

- [0063] また、流体流入口21aから流入した流体ガスGは、流体通路21b内を流通する間にセンサ部1によってその質量流量が検出され、流体流出口21cから外部へ流出して行く。

本発明では、被測定ガスGがSUS316L製の基板2に接触しつつ流通するため、従前のシリコン製基板の場合のようにガスGによって基板2が腐食されることは全く無い。

[実施例2]

- [0064] 図15は、本発明の流体用センサSを圧力式流量制御装置の本体部へ組付けした場合を示すものであり、図15に於いて、Sは流体用センサ、31はボディ、32は圧力検出器、33はコントロール弁、34は圧電型弁駆動装置、35はオリフィス、36はフィルタである。

[実施例3]

- [0065] 図16は、本発明の流体用センサSの組付け位置を変更したものであり、実質的には図15の場合と略同一である。

尚、圧力式流量制御装置やその本体部の構成は、例えば特許第3291161号、特開平11-345027号等によって公知であるため、ここではその説明を省略する。また

、流体用センサSの取付け方法は、図14の場合と同様であるため、説明を省略する。

[実施例4]

[0066] 図17乃至図19は、本発明の流体用センサSを流体制御器を構成する部材へ組み付けした他の例を示すものであり、図17は平面図、図18は断面図、図19は側面図である。

尚、図17乃至図19に於いて、37は中継基板、38はベアリング、39はセンサSの取付ねじ穴、51は流体流入口、52は流体流出口である。また、流体用センサSの取付け方法は、図14や図16の場合と同様であるため、説明を省略する。

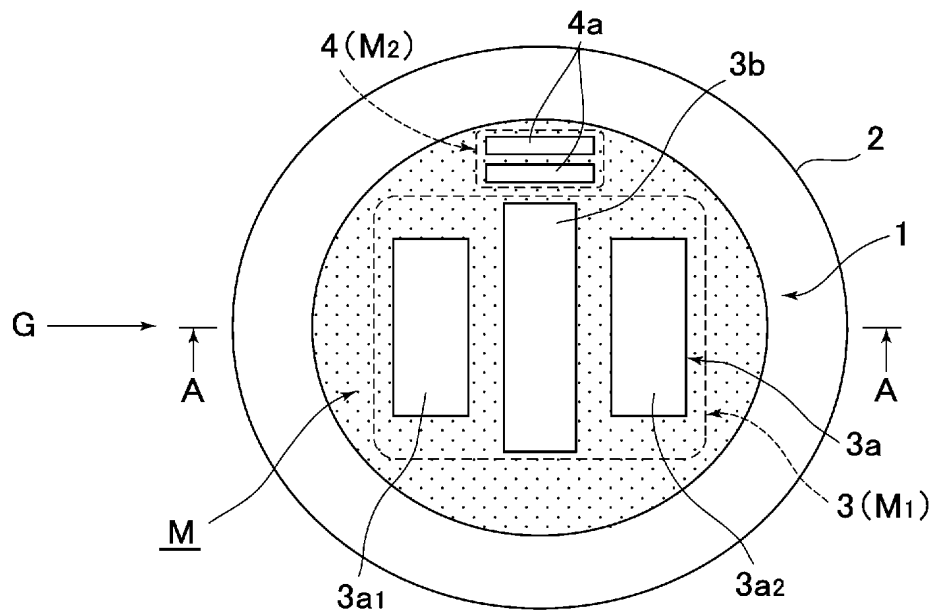
産業上の利用可能性

[0067] 本発明は、半導体製造装置や各種化学品製造装置等のガス供給ラインにおける流体の質量流量及び又は圧力の検出に主として利用されるものであるが、各種の産業分野に於けるガス供給ラインのガスの質量流量や圧力の検出に利用できる。

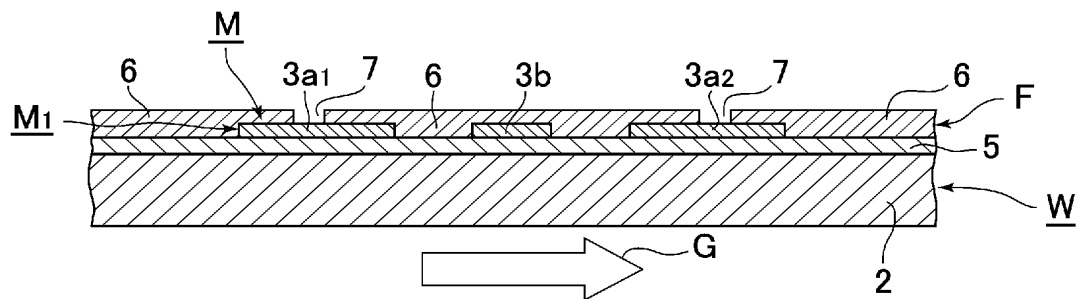
請求の範囲

- [1] 耐食性金属基板と、当該耐食性金属基板の接流体表面の裏面側に設けた温度センサと加熱用ヒータとを形成する薄膜から成る質量流量センサ部と、耐食性金属基板の接流体表面の裏面側に設けた歪みセンサ素子を形成する薄膜から成る圧力センサ部とを備え、流体の質量流量及び圧力を計測するように構成したことを特徴とする耐食金属製流体用センサ。
- [2] 耐食性金属基板を、その接流体表面を外方へ露出させた状態で耐食金属製のセンサベースの取付溝内へ挿着し、耐食金属基板の外周縁を気密にセンサベースへ溶接する構成とした請求項1に記載の耐食金属製流体用センサ。
- [3] 圧力センサ部の出力により、質量流量センサ部の圧力に対する出力ドリフトを補正するようにした請求項1又は請求項2に記載の耐食金属製流体用センサ。
- [4] 薄膜を、耐食性金属基板の接流体表面の裏面に形成した絶縁膜と、その上方に形成した温度センサ、加熱用ヒータ及び歪みセンサ素子を形成する金属膜と、絶縁膜及び金属膜を覆う保護膜とから構成するようにした請求項1、請求項2又は請求項3に記載の耐食金属製流体用センサ。
- [5] 請求項1から請求項4の何れかに記載の耐食金属製流体用センサを流体制御機器に搭載し、流体制御時に流量及び又は圧力の確認が適宜行える構成としたことを特徴とする耐食金属製流体用センサを用いた流体供給機器。
- [6] 請求項2に記載の耐食金属製流体用センサのセンサベースを、流体を流入させる流体流入口と流体を流出させる流体流出口間を連通する流体通路を備えたボディの前記流体通路内に金属ガスケットを介設して位置せしめ、前記センサベースを介して金属ガスケットを押圧することによりボディとセンサベースとの間の気密を保持すると共に、前記気密を保持するための金属ガスケットに対してその真上の部材の剛性を相対的に高くすることにより、当該金属ガスケットの押圧による質量流量センサ部及び圧力センサ部の歪みを抑える構成としたことを特徴とする耐食金属製流体用センサを用いた流体供給機器。

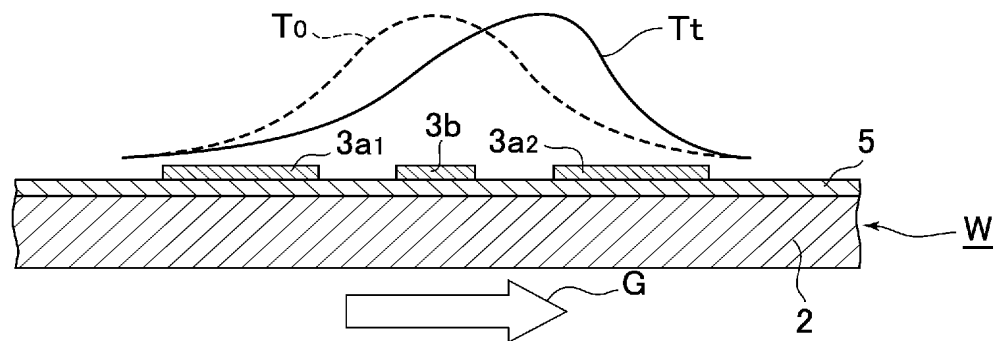
[図1]



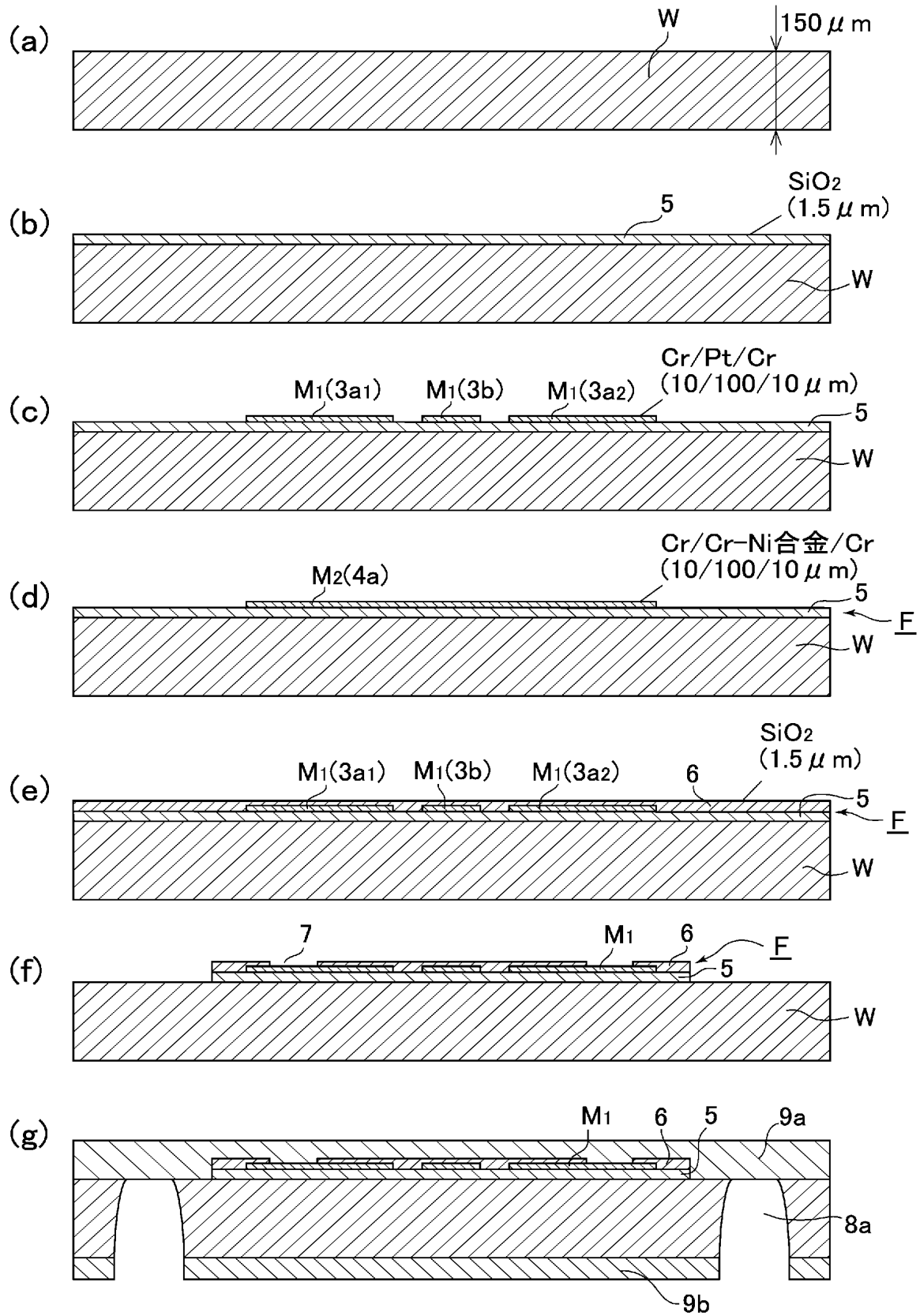
[図2]



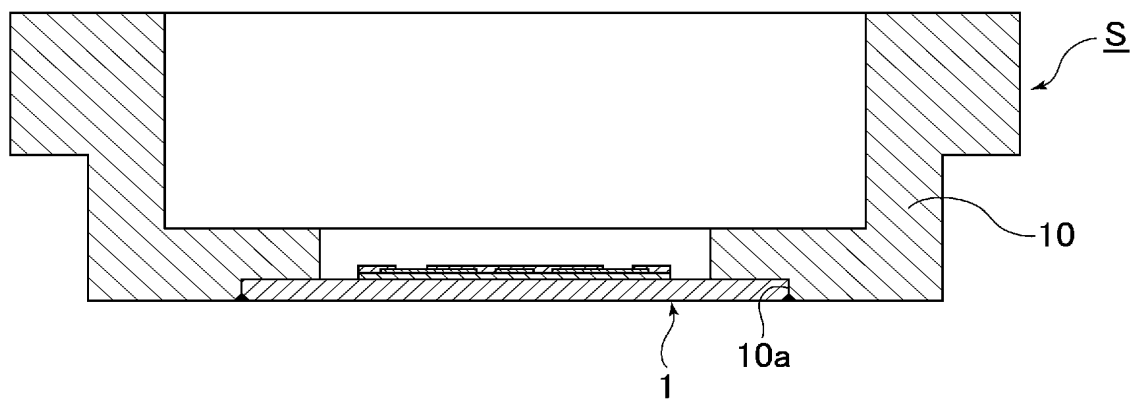
[図3]



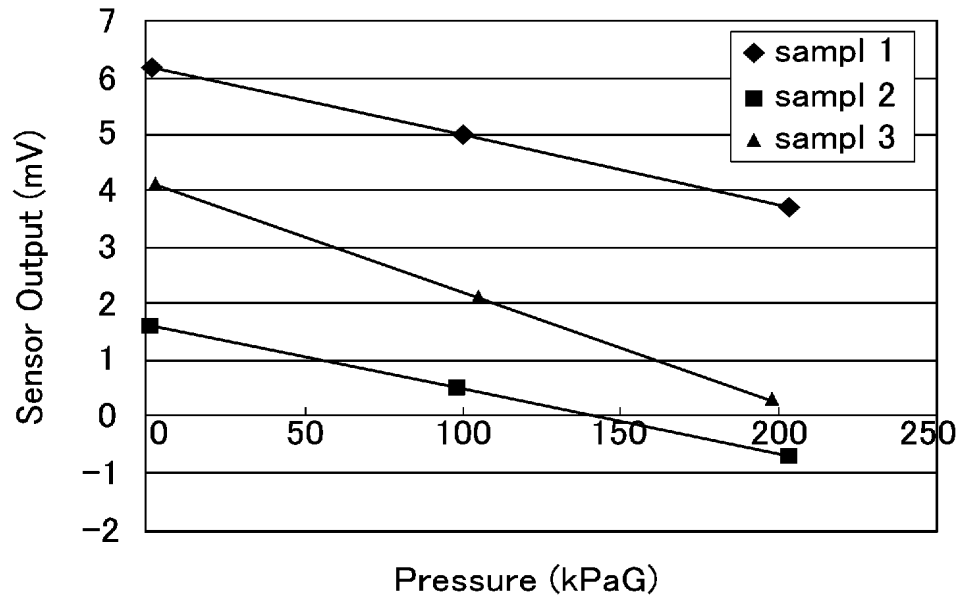
[図4]



[図5]



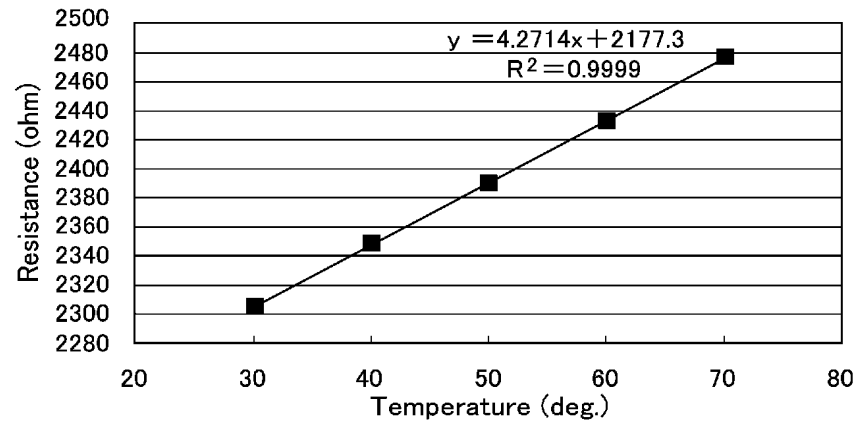
[図7]



[図8]

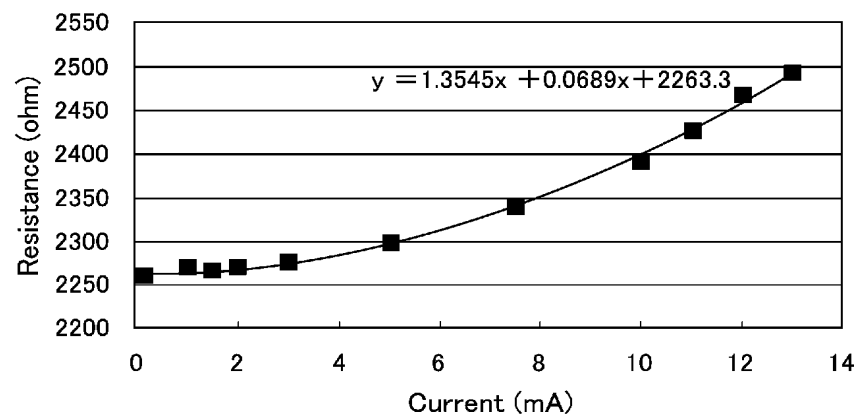
(a)

加熱用ヒータの温度－抵抗特性



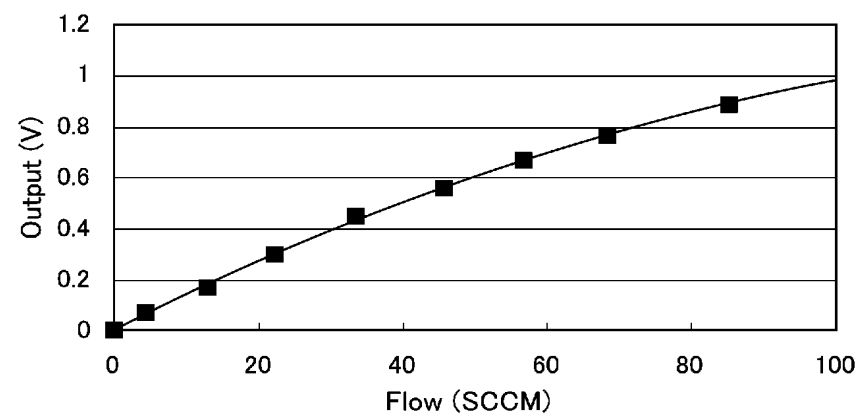
(b)

加熱用ヒータの電流－抵抗特性

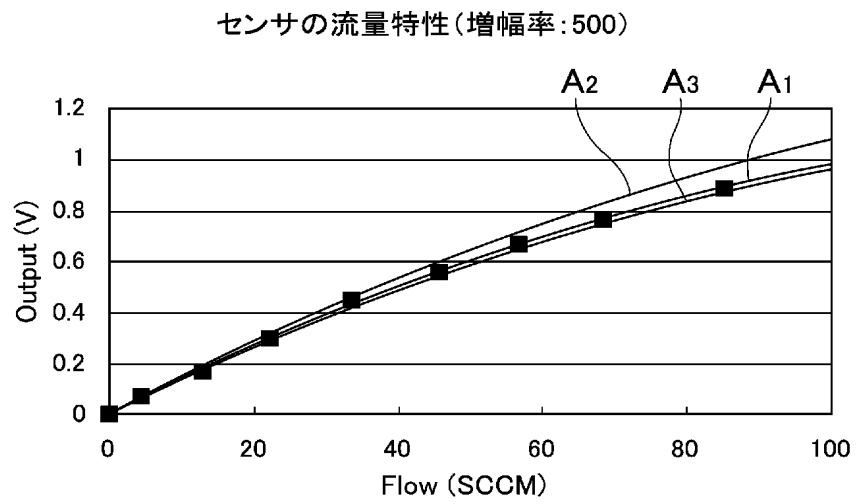


(c)

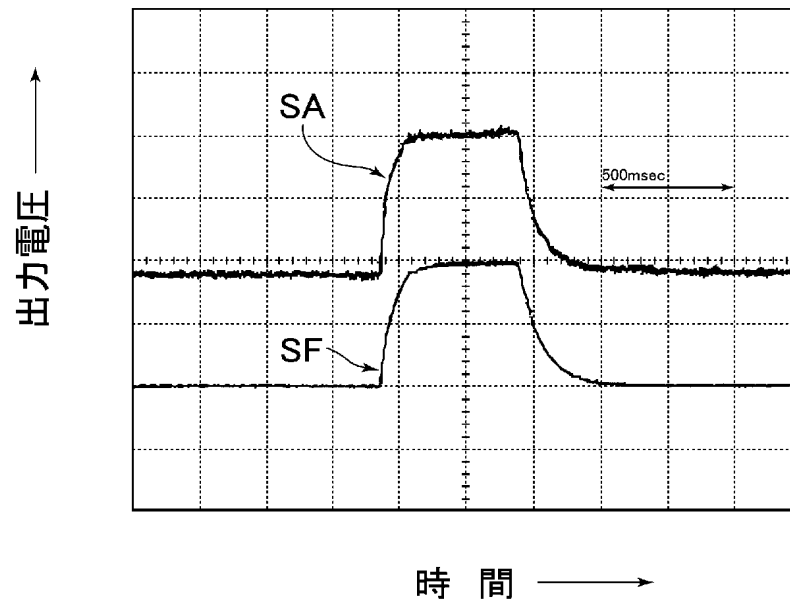
センサの流量特性 (増幅率: 500)



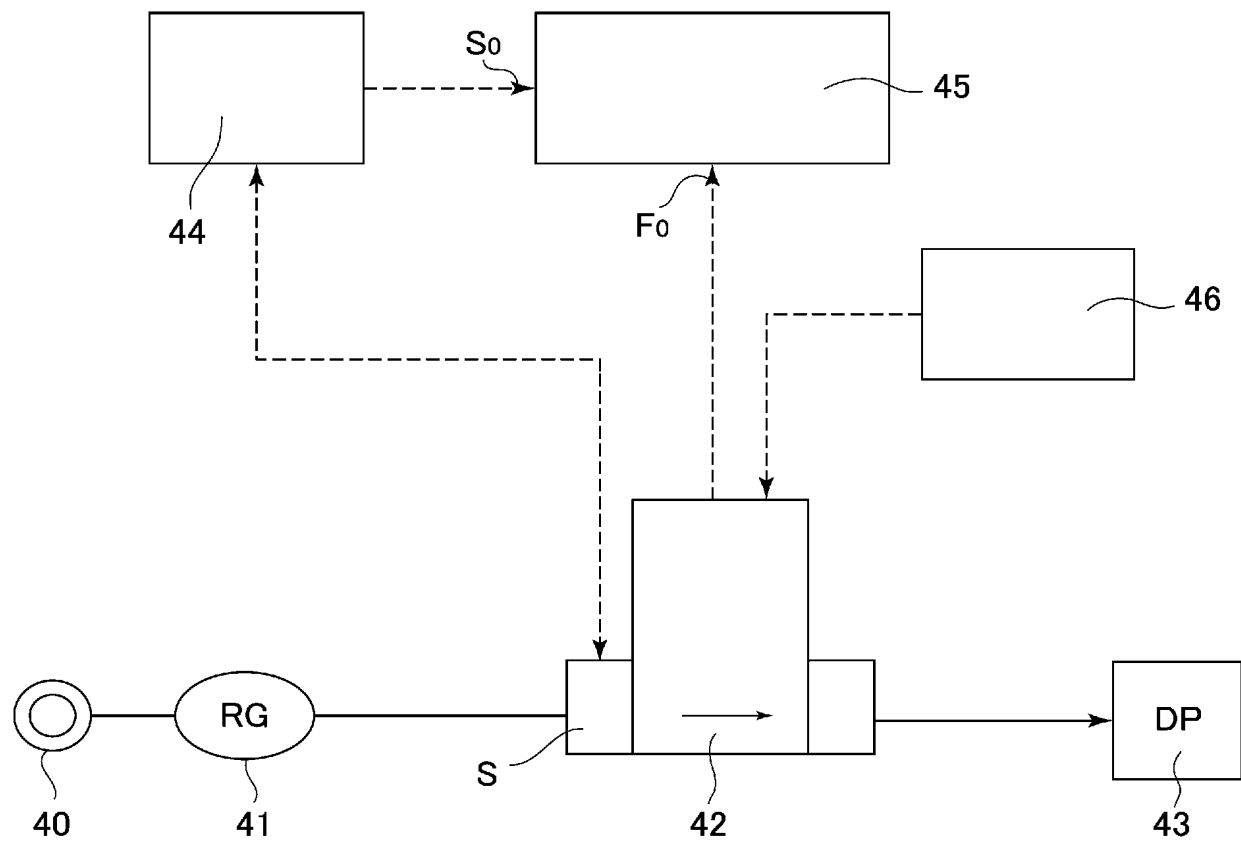
[図9]



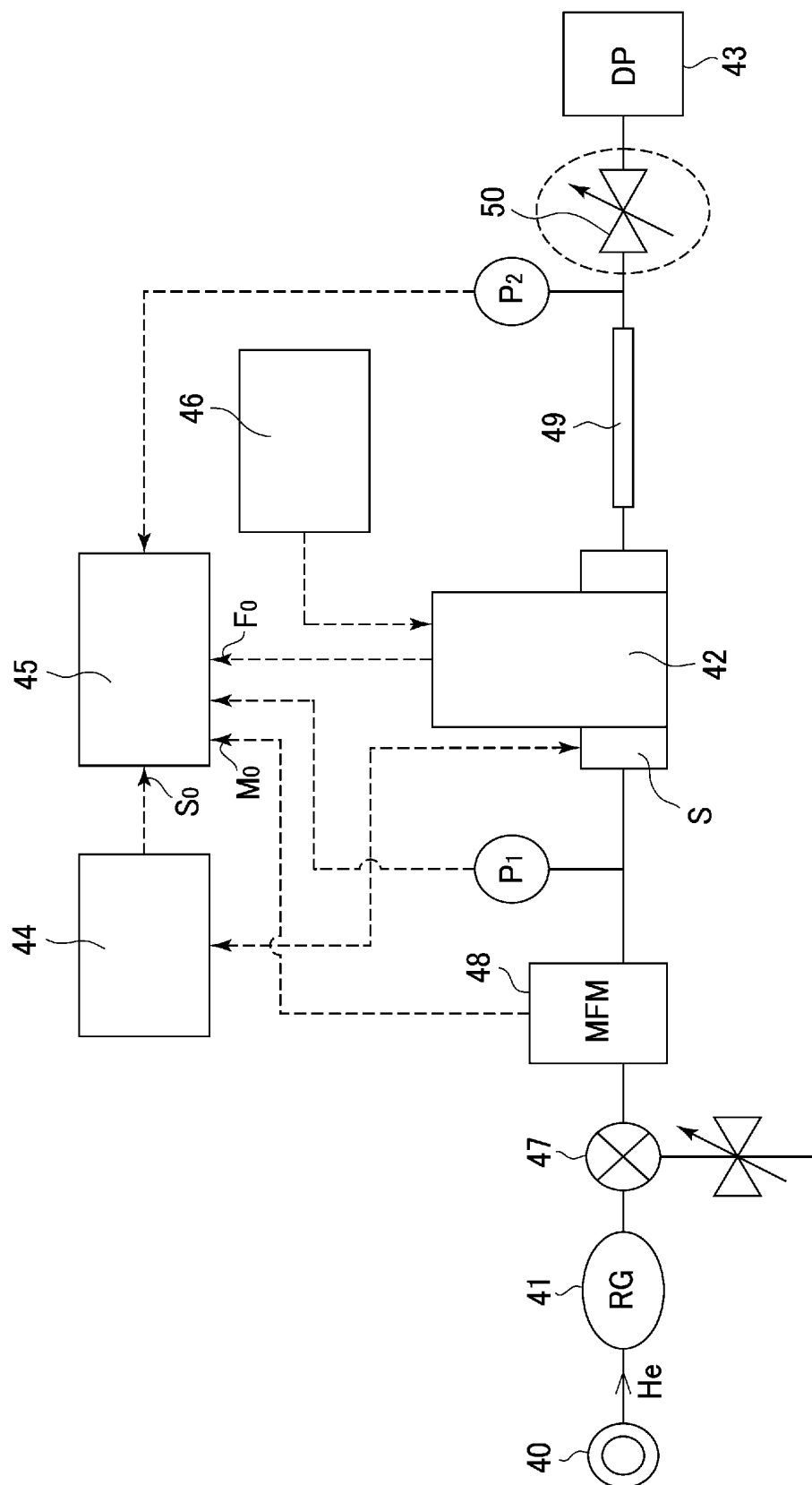
[図10]



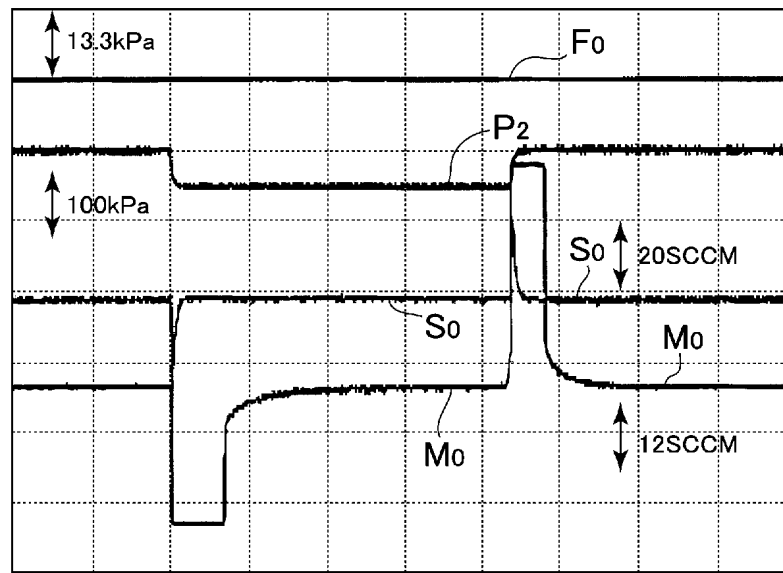
[図11]



[図12]

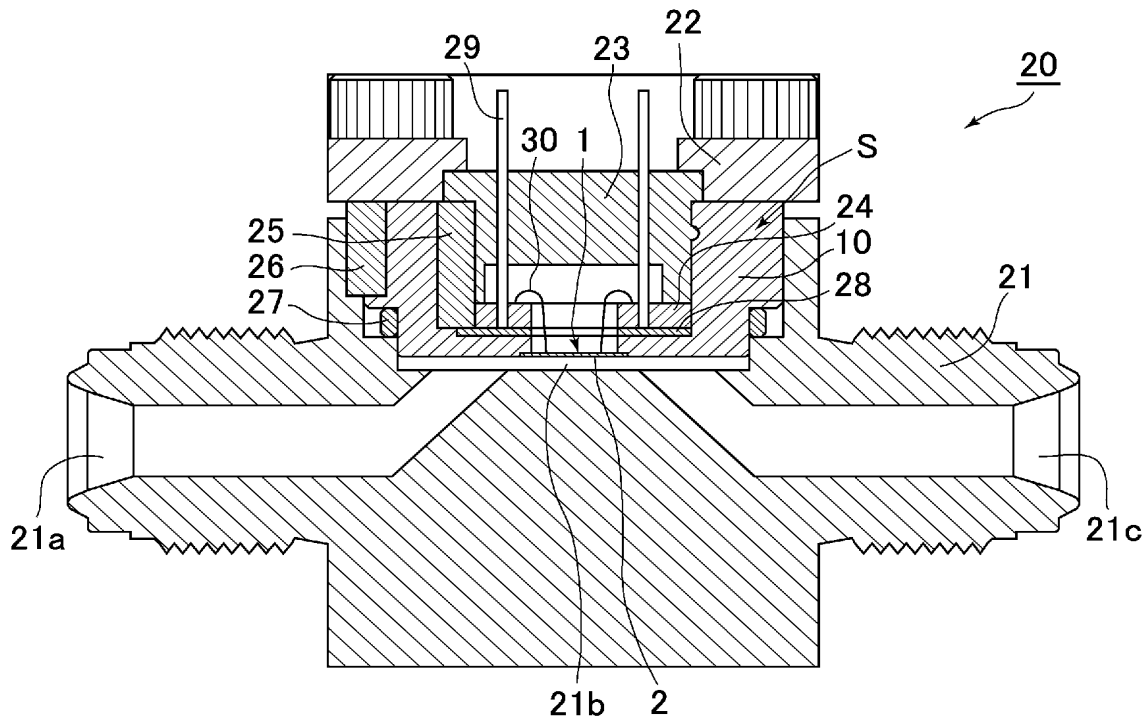


[図13]

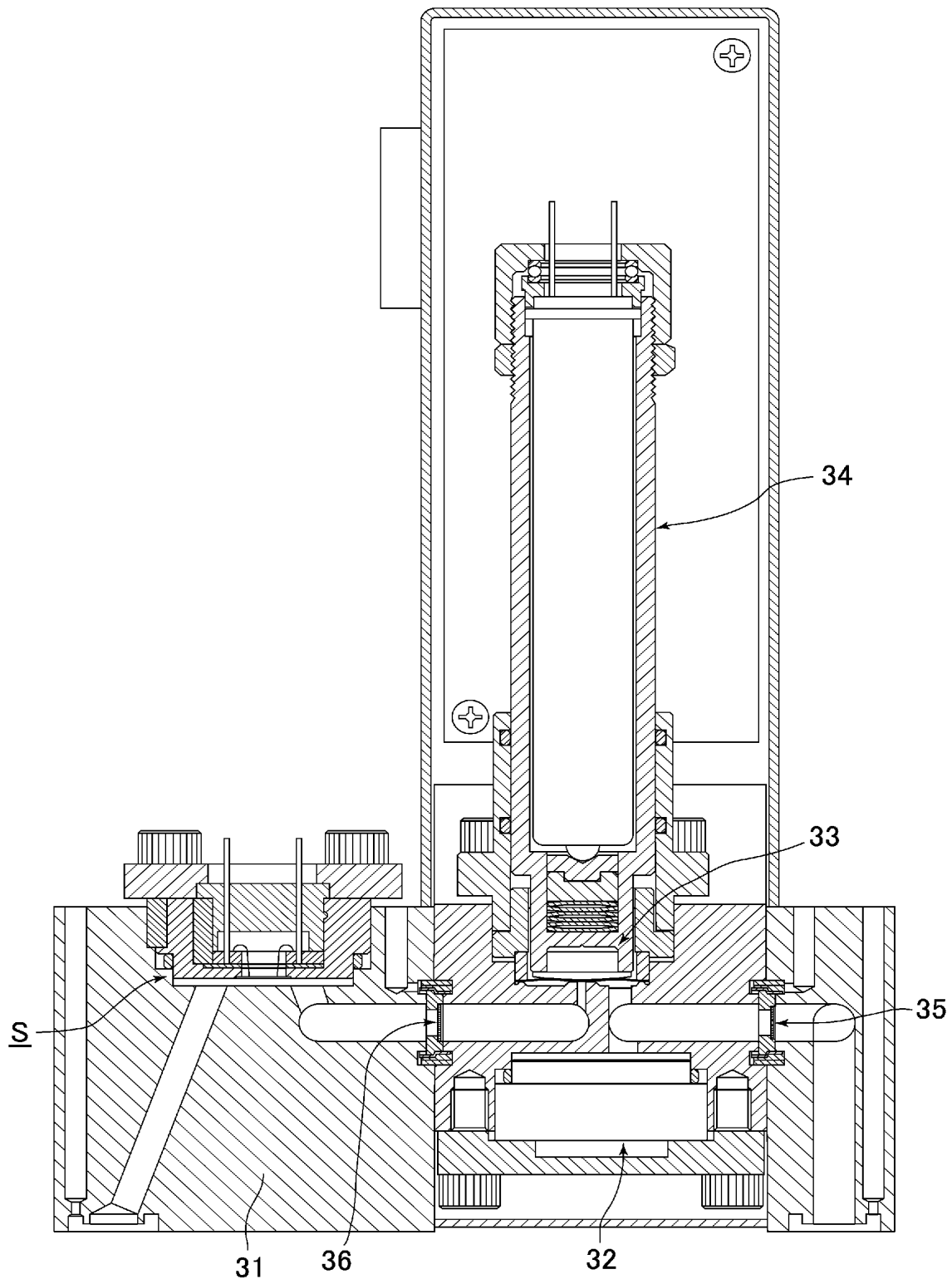


供給圧200→150kPa abs.

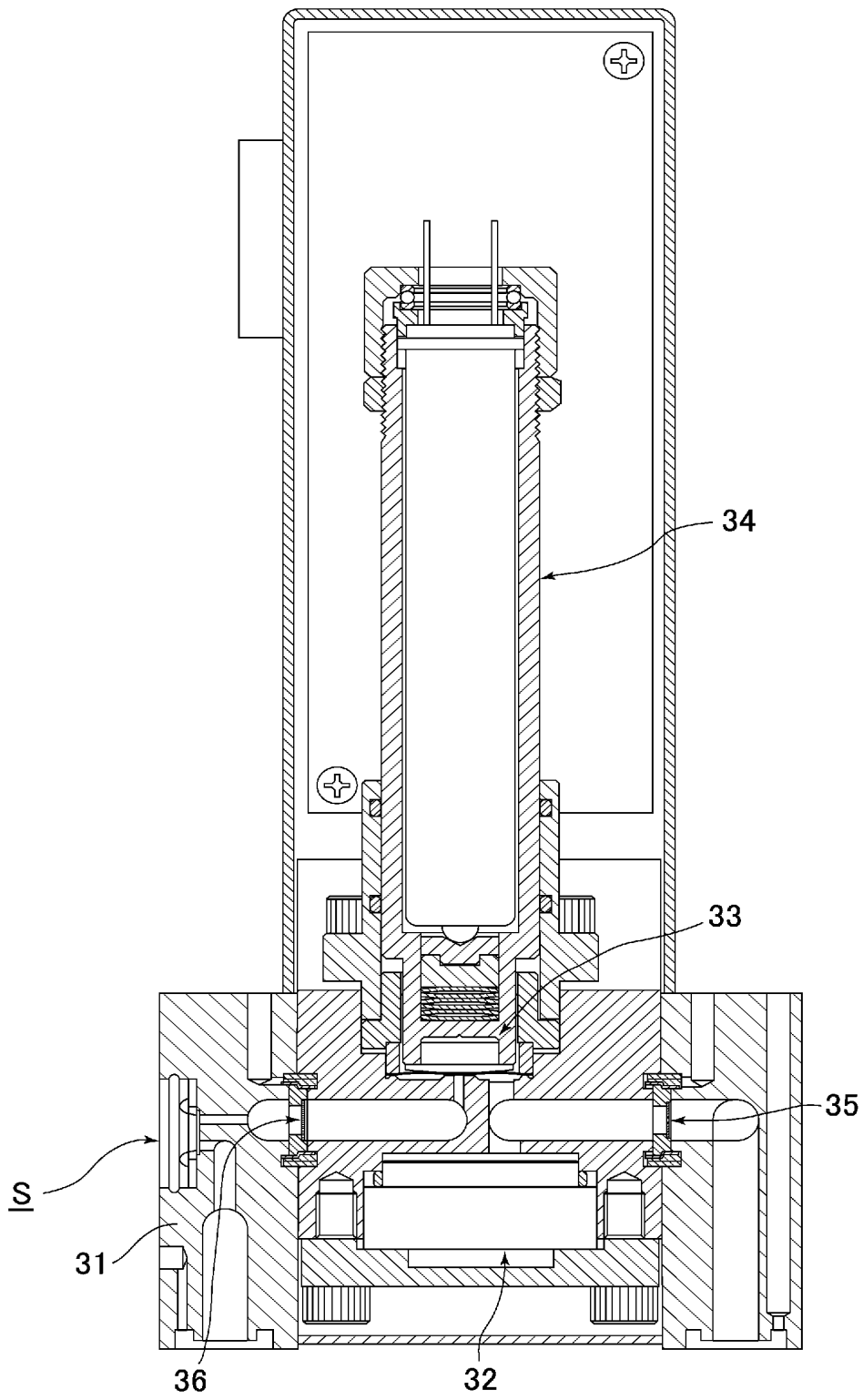
[図14]



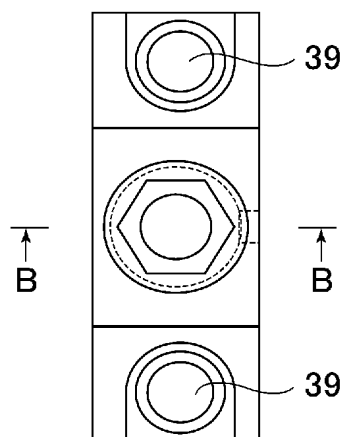
[図15]



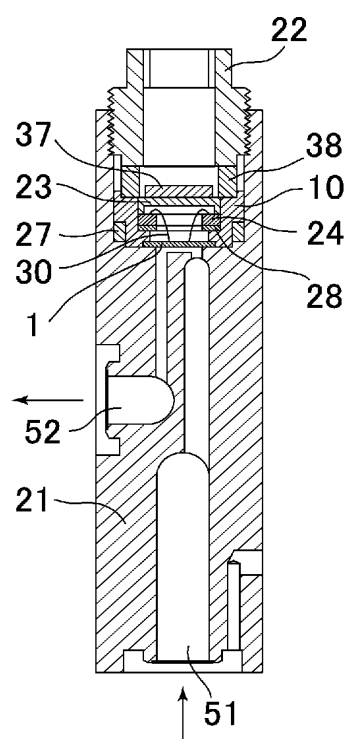
[図16]



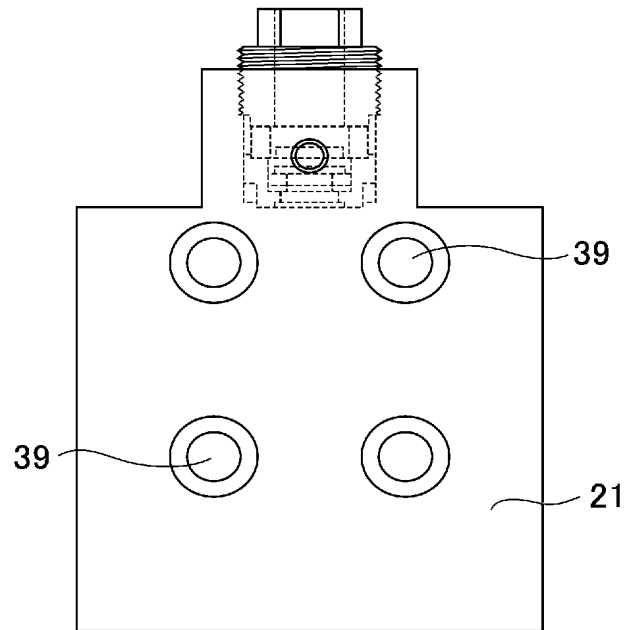
[図17]



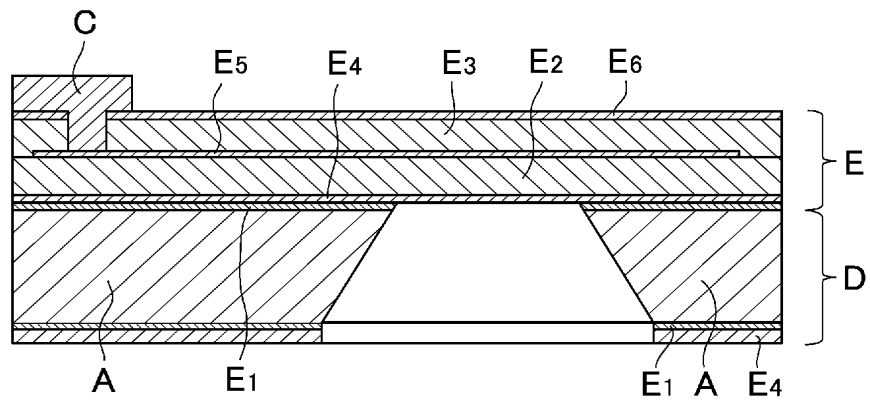
[図18]



[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/000266

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ G01F1/68, G01F1/00, G01F15/04, G01L9/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ G01F1/68, G01F1/00, G01F15/04, G01L9/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-329697 A (Yamatake Corp.), 19 November, 2003 (19.11.03), Par. Nos. [0015] to [0025], [0031] to [0034]; Figs. 1, 5 (Family: none)	1-6
Y	JP 8-62010 A (Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd.), 08 March, 1996 (08.03.96), Par. No. [0085] (Family: none)	1-6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
01 February, 2005 (01.02.05)

Date of mailing of the international search report
26 April, 2005 (26.04.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/000266

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 02/055967 A (SENSIRION AG.), 18 July, 2002 (18.07.02), Page 6, lines 10 to 13 & JP 2004-518119 A Par. No. [0025] & EP 1350078 A	1-6
Y	JP 2002-358127 A (Masayoshi ESASHI), 13 December, 2002 (13.12.02), Par. No. [0048]; Fig. 16 (Family: none)	6
A	JP 2003-254806 A (CKD Kabushiki Kaisha), 10 September, 2003 (10.09.03), Full text; all drawings (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01F1/68、G01F1/00、G01F15/04、G01L9/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01F1/68、G01F1/00、G01F15/04、G01L9/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2003-329697 A (株式会社山武) 2003. 1 1. 19, 段落番号15-25, 31-34, 図1, 5 (ファミリーなし)	1-6
Y	JP 8-62010 A (株式会社半導体エネルギー研究所) 1 996. 03. 08, 段落番号85 (ファミリーなし)	1-6
Y	WO 02/055967 A (SENSIRION AG) 2002. 07. 18, 第6頁第10行-第13行 & JP 2004-5181 19 A, 段落番号25 & EP 1350078 A	1-6

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

- 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
- 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
- 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
- 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
- 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

- 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
- 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
- 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
- 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

01. 02. 2005

国際調査報告の発送日

26. 4. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

鈴野 幹夫

2 F

8621

電話番号 03-3581-1101 内線 6297

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 2002-358127 A (江刺正喜) 2002. 12. 13, 段落番号48, 図16 (ファミリーなし)	6
A	J P 2003-254806 A (シーケーディ株式会社) 20 03. 09. 10, 全文全図 (ファミリーなし)	1-6